# Εξέλιξη στη γνώση για την πυρόσβεση εσωτερικών χώρων

Οι περισσότεροι από εμάς ακολουθήσαμε τη βασική εκπαίδευση πυροσβεστών πριν από χρόνια. Για κάποιους αυτό μπορεί να είναι πριν από δεκαετίες. Από εκείνη την εποχή, ας πούμε τη δεκαετία του '80, η κοινωνία έχει περάσει από μια μεγάλη μετάβαση. Κάποιοι αγόρασαν το πρώτο τους αυτοκίνητο εκείνες τις μέρες. Αν κοιτάζαμε αυτό το πρώτο αυτοκίνητο και το συγκρίναμε με τα νέα αυτοκίνητα που αγοράζουμε σήμερα, θα παρατηρούσαμε μερικές σημαντικές διαφορές. Το ίδιο ισχύει και για τον τρόπο που κατασκευάζουμε σπίτια και κτίρια. Σήμερα τα σπίτια κατασκευάζονται με διπλά ή και τριπλά τζάμια υψηλής απόδοσης. Τα σπίτια και τα κτίρια έχουν πιο χοντρά θερμομονωτικά στρώματα ή χτίζουμε ακόμη και αεροστεγή σπίτια. Είναι προφανές ότι άλλαξαν και οι πυρκαγιές που πρέπει να καταπολεμήσουμε σε αυτά τα κτίρια. Η πυροσβεστική στις μέρες μας έρχεται ενίοτε αντιμέτωπη με πυρκαγιές που πριν από περίπου 40 χρόνια δεν υπήρχαν καν. Ευτυχώς τα εργαλεία και ο εξοπλισμός μας βελτιώθηκαν. Οι αυλοί σήμερα ελάχιστα μοιάζουν με αυτούς που χρησιμοποιούνταν συνήθως τα παλιότερα χρόνια. Και η γνώση για τη φωτιά, η επιστήμη της πυρκαγιάς, έχει επίσης εξελιχθεί. Ας τα εξετάσουμε λοιπόν λίγο πιο προσεκτικά. Με αυτά τα άρθρα θέλουμε να δούμε πού βρισκόμαστε σήμερα: παλιά γνώση που εξακολουθεί να είναι χρήσιμη καθώς και νέες προσεγγίσεις για την πυρόσβεση. Σε αυτό το πρώτο άρθρο ξεκινάμε με δύο θέματα που υπήρχαν πάντα: το τρίγωνο της φωτιάς και τη συμπεριφορά πυρκαγιάς που αερίζεται επαρκώς.

## 1 Το τρίγωνο της φωτιάς

### 1.1 Έναρξη πυρκαγιάς

Όλοι γνωρίζουν το μοντέλο του τριγώνου της φωτιάς. Χρησιμοποιείται για να εξηγήσει την έναρξη της καύσης. Τα τρία συστατικά είναι το καύσιμο, ο αέρας (οξυγόνο) και η ενέργεια (ενεργοποίησης). Η λέξη «ενέργεια» συχνά αντικαθίσταται από θερμοκρασία ή θερμότητα σε αυτό το πλαίσιο. Αυτά τα τρία συστατικά πρέπει να υπάρχουν σε επαρκείς ποσότητες για να ξεκινήσει η καύση.

Η διαδικασία της καύσης είναι στην πραγματικότητα μια χημική αλληλεπίδραση μεταξύ σωματιδίων καυσίμου και οξυγόνου. Αυτή η διαδικασία παράγει θερμότητα (ενέργεια). Για να ξεκινήσει αυτή η διαδικασία πρέπει να υπάρχει διαθέσιμη πηγή ενέργειας. Αυτό μπορεί να είναι ένα κερί, ένα υπερφορτωμένο ηλεκτρικό καλώδιο κλπ…

**Εικόνα 1** Το τρίγωνο της φωτιάς *(γραφικό:www.wikipedia.org)*

Μόλις σταθεροποιηθεί η καύση και ξεκινήσει η πυρκαγιά, καταναλώνει οξυγόνο. Στον αέρα υπάρχει συνήθως 21% οξυγόνο. Μια φωτιά σε ένα κλειστό διαμέρισμα καταναλώνει τόσο πολύ οξυγόνο που τα επίπεδα οξυγόνου στο διαμέρισμα στην πραγματικότητα μειώνονται. Σε κάποιο σημείο η διαδικασία καύσης σταματά λόγω έλλειψης οξυγόνου. Γενικά αναφέρεται ότι η καύση θα σταματήσει σε επίπεδα οξυγόνου 14% έως 15% και κάτω. Αυτό αποδεικνύεται πολύ εύκολα ανάβοντας ένα κερί και τοποθετώντας το σε ένα γυάλινο ποτήρι. Εκείνη την ώρα το κερί καίει πραγματικά σε ένα κλειστό διαμέρισμα. Ο αέρας (οξυγόνο) που υπάρχει στο διαμέρισμα καταναλώνεται και τελικά το κερί θα σβήσει μόνο του.

## 1.2 Το τετράγωνο της φωτιάς

Μερικές φορές αναφέρεται το τετράγωνο της φωτιάς. Στην περίπτωση αυτή λαμβάνεται επίσης υπόψη η αναλογία αέρα και καυσίμου. Ας πούμε ότι βάζουμε μερικά ροκανίδια σε ένα μπολ. Αυτό το καύσιμο είναι πολύ εύκολο να αναφλεγεί. Τα ροκανίδια έχουν μεγάλη επιφάνεια εκτεθειμένη στον αέρα. Αυτό σημαίνει ότι υπάρχει καλή αναλογία καυσίμου / αέρα. Αν προσπαθούσαμε να βάλουμε μια ξύλινη δοκό στην φωτιά με την ίδια πηγή ανάφλεξης, δεν θα αναφλεγόταν. Η επιφάνεια της ξύλινης δοκού που εκτίθεται στον αέρα είναι στην πραγματικότητα πολύ μικρότερη σε σύγκριση με τα πριονίδια ξύλου. Με την ξύλινη δοκό έχουμε κακή αναλογία καυσίμου / αέρα.

## 1.3 Ο ρόλος του τριγώνου της φωτιάς στην ταχεία εξέλιξη της πυρκαγιάς

Σε περίπτωση ταχείας εξέλιξης της πυρκαγιάς (Flashover, Backdraft & Fire Gas Ignition) υπάρχει σημαντικός ρόλος για το τρίγωνο της φωτιάς. Κάθε φορά που συμβαίνει ένα από αυτά τα φαινόμενα, μπορείτε να εφαρμόσετε το τρίγωνο της φωτιάς. Πρέπει πάντα να υπάρχει ένα μείγμα καυσίμου, οξυγόνου και ενέργειας σε ορισμένες αναλογίες για να ενεργοποιηθεί ένα από τα φαινόμενα που αναφέρθηκαν. Ένα μάλλον απλό παράδειγμα αυτού είναι το backdraft. Πριν από το backdraft υπάρχει ένα μείγμα πλούσιο σε καύσιμο αλλά με έλλειψη οξυγόνου. Η θερμοκρασία στο διαμέρισμα διασφαλίζει ότι υπάρχουν δύο πλευρές του τριγώνου της φωτιάς: καύσιμο και ενέργεια. Μόνο όταν προσθέτουμε οξυγόνο, την τρίτη πλευρά του τριγώνου, στο διαμέρισμα μπορεί να προκληθεί backdraft. Με άλλα λόγια: πρέπει να έχουμε και τις τρεις πλευρές του τριγώνου της φωτιάς για να έχουμε ένα backdraft. Αυτό ισχύει και για όλα τα άλλα φαινόμενα ταχείας εξέλιξης πυρκαγιάς.

## 2 Η αεριζόμενη πυρκαγιά

Το καθεστώς καύσης παίζει καθοριστικό ρόλο στην ανάπτυξη της πυρκαγιάς. Η ποσότητα αέρα που είναι διαθέσιμη για τη φωτιά θα καθορίσει την εξέλιξη της πυρκαγιάς. Εξαιτίας αυτού έχουμε δύο είδη πυρκαγιάς. Η αεριζόμενη πυρκαγιά είναι ιστορικά η φωτιά που συναντήσαμε περισσότερο. Αυτό το είδος πυρκαγιάς έχει συνήθως αρκετό αερισμό (παροχή αέρα) για να συνεχίσει.

### 2.1 Ανάφλεξη και έναρξη της φωτιάς

Σε μια συγκεκριμένη χρονική στιγμή θα υπάρξει ανάφλεξη. Σε κάθε διαμέρισμα υπάρχει συνήθως 21% οξυγόνο. Έτσι στην έναρξη της φωτιάς υπάρχει άφθονο οξυγόνο για να συνεχίσει η φωτιά. Μετά από κάποιο χρονικό διάστημα το οξυγόνο θα αντικατασταθεί από τον καπνό που παράγεται από τη φωτιά. Το ποσοστό οξυγόνου στο δωμάτιο θα μειωθεί. Επομένως μπορούμε να πούμε ότι κατά τη διάρκεια αυτής της φάσης η φωτιά ελέγχεται από την επάρκεια σε καύσιμο. Αυτό σημαίνει ότι η ποσότητα του καυσίμου θα καθορίσει πόσο γρήγορα μπορεί να αναπτυχθεί η φωτιά.

Στην αρχική φάση η πηγή ενέργειας (για παράδειγμα ένα τσιγάρο) θα αλληλεπιδράσει με ένα εύφλεκτο υλικό. Αυτό το εύφλεκτο υλικό θα παράγει αρχικά καπνό. Με άλλα λόγια, μετά την ανάφλεξη έχουμε μια φωτιά που σιγοκαίει. Γενικά όλο και περισσότερα καύσιμα θα εμπλέκονται στη φωτιά. Η επιφάνεια της φωτιάς θα γίνει μεγαλύτερη και η θερμοκρασία θα αρχίσει να ανεβαίνει. Λίγο αργότερα ο καπνός που ανεβαίνει θα αναφλεγεί. Αυτές οι φλόγες ακτινοβολούν θερμότητα. Μόλις υπάρξουν φλόγες στον καπνό, η διαδικασία καύσης θα επιταχυνθεί. Η ακτινοβολούμενη θερμότητα που προέρχεται από τις φλόγες μπορεί να φτάσει πιο μακριά. Η θερμοκρασία των αντικειμένων κοντά στη φωτιά θα αρχίσει να αυξάνεται. Όταν αυτά τα αντικείμενα λάβουν επαρκή θερμότητα, θα παράξουν αρχικά ατμούς και στη συνέχεια αέρια πυρόλυσης. Και τα δύο αυτά αέρια είναι ανοιχτόχρωμα (λευκό έως γκρι).

### 2.2 Η φάση της ανάπτυξης

Μόλις ο καπνός που βρίσκεται πάνω από την εστία της πυρκαγιάς παρουσιάσει φλόγες, η φάση ανάπτυξης έχει ξεκινήσει. Μέσα στο διαμέρισμα είναι πλέον πολύ εμφανές ότι υπάρχει πυρκαγιά. Υπάρχει αρκετός καπνός ορατός και η θερμοκρασία αυξάνεται. Σταδιακά, το στρώμα καπνού θα αρχίσει να κατεβαίνει. Αυτά τα αέρια αποτελούνται από τον καπνό της εστίας και τα αέρια πυρόλυσης που προέρχονται από τα ακτινοβολούμενα αντικείμενα στο δωμάτιο.

**Εικόνα 2** Εμφάνιση της ουδέτερης ζώνης σε μονάδα προσβολής. Πάνω βρίσκουμε σκούρο γκρι καπνό. Από κάτω υπάρχει ακόμα καλή ορατότητα. *(Εικόνα: Stef Vandersmissen – Πυροσβεστική υπηρεσία Zaventem)*

Κατά τη φάση ανάπτυξης θα εμφανιστεί ένα ουδέτερο στρώμα ή ουδέτερη ζώνη (βλ. Εικόνα 2). Θα μπορούσαμε να σχεδιάσουμε μια νοητή γραμμή στο κάτω μέρος του στρώματος καπνού. Στο στρώμα καπνού η ποσότητα του αερίου καυσίμου θα συνεχίσει να αυξάνεται, ενώ κάτω από το στρώμα καπνού υπάρχει ακόμα πολύ οξυγόνο. Επίσης, η ορατότητα κάτω από το στρώμα καπνού είναι ακόμα αρκετά καλή.

Με την αυξανόμενη ένταση της πυρκαγιάς το στρώμα καπνού θα κατέβει χαμηλότερα. Η ταχύτητα αυτής της εξέλιξης είναι ένας δείκτης που μας λέει πόσο γρήγορα μεγαλώνει η φωτιά. Ένα στρώμα καπνού που κατεβαίνει γρήγορα υποδηλώνει μια ταχέως αναπτυσσόμενη πυρκαγιά και είναι πολύ επικίνδυνο.

Κάποια στιγμή οι φλόγες μέσα στον καπνό θα φτάσουν στην οροφή και θα εξαπλωθούν οριζόντια κατά μήκος της οροφής. Σε εκείνο το σημείο υπάρχει ένα μέτωπο φλόγας μέσα στο στρώμα καπνού. Αυτό το μέτωπο φλόγας θα προχωρήσει μακριά από την εστία της φωτιάς μέσω του καπνού. Αυτό το φαινόμενο ονομάζεται rollover. Η εμφάνιση ενός rollover σηματοδοτεί το τέλος της φάσης ανάπτυξης της πυρκαγιάς. Λόγω της ακτινοβολούμενης θερμότητας που προέρχεται από το στρώμα καπνού, η θερμοκρασία περιβάλλοντος θα αυξηθεί τώρα πολύ γρήγορα, μέχρι την εμφάνιση του flashover.

Κατά τη φάση της ανάπτυξης όλο και περισσότερα καύσιμα εμπλέκονται στην πυρκαγιά. Το μέτωπο της φλόγας θα μεγαλώσει και ο όγκος της φωτιάς θα γίνει επίσης μεγαλύτερος. Η φωτιά χρειάζεται όλο και περισσότερο οξυγόνο. Ταυτόχρονα το ποσοστό οξυγόνου στο διαμέρισμα θα αρχίσει να μειώνεται. Ειδικά στην επάνω ζώνη του διαμερίσματος ο αέρας μολύνεται με καπνό από την καύση. Η φωτιά εξακολουθεί να είναι ελεγχόμενη από το καύσιμο, αλλά εξελίσσεται σε πυρκαγιά ελεγχόμενη από τον αερισμό.

## 2.3 Flashover

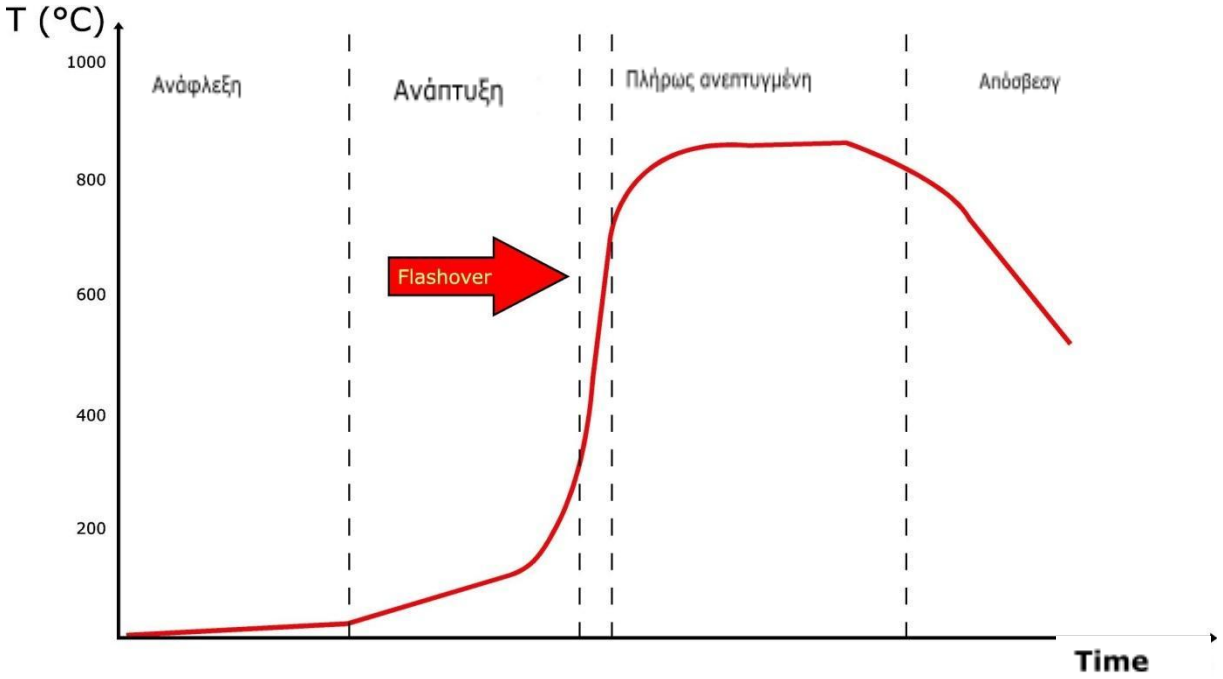
Κατά τη φάση ανάπτυξης όλα τα αντικείμενα στο διαμέρισμα άρχισαν να πυρολύονται. Η διαδικασία της καύσης παρήγαγε πολύ καπνό. Αυτός ο καπνός περιέχει μια ορισμένη ποσότητα εύφλεκτων αερίων όπως το CO. Το στρώμα θερμού καπνού είναι ουσιαστικά μια

δεξαμενή καυτού αερίου καυσίμου. Με το rollover αυτή η δεξαμενή αναφλέγεται. Στη συνέχεια η θερμοκρασία θα ανέβει γρήγορα. Σε λίγα δευτερόλεπτα η φωτιά από εντοπισμένη σε ένα σημείο ενός διαμερίσματος εξελίσσεται σε φωτιά που κατακαίει ολόκληρο το διαμέρισμα. Στη συνέχεια βλέπουμε τη μετάβαση μιας πυρκαγιάς δύο διαστάσεων σε μια τρισδιάστατη φωτιά.

Αυτό σημαίνει ότι μπορούμε να ορίσουμε το flashover ως εξής:

Το Flashover είναι μια ξαφνική και συνεχής μετάβαση από μια αναπτυσσόμενη πυρκαγιά σε μια πλήρως ανεπτυγμένη πυρκαγιά.

Μετά το flashover ολόκληρο το διαμέρισμα τυλίγεται πλήρως στις φλόγες. Η ποσότητα του καυσίμου που συμμετέχει στη διαδικασία καύσης έχει γίνει πολύ μεγαλύτερη. Επομένως, η φωτιά χρειάζεται τώρα περισσότερο οξυγόνο από ό,τι πριν από το flashover. Η φωτιά έχει γίνει ελεγχόμενη από τον αερισμό. Αυτό συμβαίνει επειδή σε ένα διαμέρισμα μια πλήρως ανεπτυγμένη πυρκαγιά χρειάζεται πολύ περισσότερο οξυγόνο από όσο μπορεί να παρασχεθεί μέσω του αερισμού.




**Εικόνα 3** Η επαρκώς αεριζόμενη πυρκαγιά *(Γραφικό: Karel Lambert)*

## 2.4 Η πλήρως ανεπτυγμένη πυρκαγιά

Όταν η πυρκαγιά περάσει από το στάδιο του flashover, ολόκληρο το διαμέρισμα καίγεται. Οτιδήποτε μέσα στο διαμέρισμα έχει χαθεί. Η αντοχή στην φωτιά των δομικών στοιχείων που περιβάλλουν την πυρκαγιά (δάπεδο, οροφή, τοίχοι,…) θα καθορίσει εάν η φωτιά θα παραμείνει περιορισμένη ή θα προχωρήσει σε άλλα διαμερίσματα. Εάν μια πόρτα μείνει ανοιχτή, το διπλανό δωμάτιο θα εξελιχθεί γρήγορα σε flashover. Είναι πιθανό να έχετε μια πλήρως ανεπτυγμένη πυρκαγιά (μετά το flashover) σε ένα δωμάτιο και μια φωτιά σε φάση ανάπτυξης (πριν το flashover) στο επόμενο δωμάτιο. Το διαμέρισμα με την πλήρως ανεπτυγμένη πυρκαγιά θα καεί εντελώς. Η ένταση της πυρκαγιάς εκείνη την ώρα είναι ελεγχόμενη από τον αερισμό. Θα συνεχίσει μέχρι να τελειώσει το καύσιμο.

## 2.5 Απόσβεση της πυρκαγιάς

Ενώ η πυρκαγιά εξελίσσεται, καταναλώνει όλο και περισσότερα καύσιμα. Στο τέλος της φάσης καύσης η ένταση της φωτιάς πέφτει. Η παραγωγή καπνού θα μειωθεί επίσης. Έτσι αυξάνεται η ποσότητα του εισερχόμενου αέρα. Η ποσότητα του καυσίμου που εμπλέκεται στην καύση θα μειωθεί ενώ η ποσότητα του οξυγόνου θα αυξηθεί. Κάποια στιγμή το καθεστώς καύσης θα επιστρέψει από το να είναι ελεγχόμενο από τον αερισμό στο να είναι ελεγχόμενο από το καύσιμο.

Κατά τη διάρκεια της απόσβεσης της πυρκαγιάς υπάρχουν ακόμα αντικείμενα που είναι αρκετά ζεστά ώστε να συνεχίσουν να πυρολύονται. Η ένταση της πυρκαγιάς μπορεί να είναι πολύ μικρότερη, όμως η συνεχής έκλυση αερίων πυρόλυσης παραμένει κίνδυνος για τους πυροσβέστες.

# 3 βιβλιογραφικές αναφορές


*[1] Hartin Ed.www.cfbt-us.com*

*[2] Mcdonough John, Πυροσβεστική Υπηρεσία Νέας Νότιας Ουαλίας, προσωπική επικοινωνία, 2009*

*[3] Ράφελ Σαν,www.cfbt-au.com, προσωπική επικοινωνία, 2009*

*[4] Grimwood Paul, Hartin Ed, Mcdonough John & Raffel Shan, 3D Firefighting, Training, Techniques & Tactics, 2005*

*[5] Grimwood Paul,www.firetactics.com, προσωπική επικοινωνία, 2008*

*[6] Lambert Karel & Desmet Koen, Indoor Fire Fighting, έκδοση 2008 & έκδοση 2009 (στα Ολλανδικά ή Γαλλικά)*

*[7] Bengtsson Lars-Göran, Enclosure Fires, 2001*

*[8] Gaviot-Blanc, Frank,www.promesis.fr*


Karel Lambert